

第1回 麻酔科学ウィンターセミナー

In-depth Monitoring and Technology

会 期： 2001年3月16日(金)～(日)
会 場： ニセコ東山プリンスホテル 東山
〒048-1592 北海道虻田郡ニセコ町東山温泉
Tel. 0136-44-1111 Fax. 0136-44-3224

事務局： 東京女子医科大学麻酔科学教室
Tel. 03-3353-8111 Fax. 03-5269-7336
世話人： 内田 整 (国立循環器病センター麻酔科)
野村 実 (東京女子医科大学麻酔科学教室)
後 援： 日本麻酔・集中治療テクノロジー学会
日本心臓血管麻酔学会

セミナー1

2001年3月16日(金) 17:00~18:20

司会: 内田 整(国立循環器病センター麻酔科)

BIS のテクノロジーに迫る

... 4

大阪府立羽曳野病院麻酔科 萩平 哲

重症心不全の外科治療の実際—Batista 術後の Novacor LVAD と同所性心臓移植の 2 症例 ... 6

東京女子医大日本心臓血圧研究所循環器外科 川合明彦

一般演題 1

2001年3月16日(金) 18:20~19:00

司会: 内田 整(国立循環器病センター麻酔科)

プロポフォールを使用した awake craniotomy, OPEN MRI の麻酔経験

... 28

東京女子医科大学医学部麻酔科学教室 三浦まり他

麻酔導入後の TEE で Ebstein 奇形を診断し、術中肺塞栓症をきたした症例

... 28

埼玉医科大学総合医療センター 総合母子周産期センター麻酔科 半田富美他

左心補助人工心臓(Novacor)埋め込み術の麻酔経験

... 29

東京女子医科大学医学部麻酔科学教室 堀田有香子他

拡張相肥大型心筋症の帝王切開術における持続心拍出量測定装置(PICO)の使用経験

... 29

東京女子医科大学医学部麻酔科学教室 星野有美他

ウェルカムパーティー

2001年3月16日(金) 19:00~20:00

セミナー2

2001年3月17日(土) 8:00~9:20

司会: 野村 実(東京女子医科大学医学部麻酔科学教室)

心拍出量測定に関する知識のブラッシュアップ

... 8

浜松医科大学手術部 森田耕司

Non-invasive Cardiac Output Monitors—NICO™と HemoSonic™

... 10

国立循環器病センター麻酔科 内田 整

血圧波形解析による連続心拍出量測定装置 PiCCO の使用経験

... 12

手稲溪仁会病院麻酔科・集中治療部 片山勝之

一般演題 2	2001 年 3 月 17 日(土) 17:00~17:20	
	司会: 野村 実(東京女子医科大学医学部麻醉科学教室)	
小児僧帽弁閉鎖不全症の TEE 所見	...	30
	東京女子医科大学医学部麻醉科学教室 赤嶋夕子他	
Supra Aortic Stenosis に対する狭窄解除術症例の経食道エコーを用いた麻醉管理	...	30
	東京女子医科大学医学部麻醉科学教室 鎌田 彩他	
セミナー3	2001 年 3 月 17 日(土) 17:20~19:00	
	司会: 野村 実(東京女子医科大学医学部麻醉科学教室)	
TCI (Target Controlled Infusion) の実際	...	14
	中国電力(株)中電病院麻醉科 中尾正和	
実践的 TEE の見方	...	18
	横浜市立大学医学部附属病院麻醉科 小出康弘	
僧帽弁形成術と TEE—外科医の欲しがる情報はなにか?	...	20
	中通総合病院麻醉科 佐藤正光	
心臓手術における経食道心エコーの評価	...	22
	東京女子医科大学医学部麻醉科学教室 野村 実	
懇親会	2001 年 3 月 17 日(土) 19:00~21:00	
セミナー4	2001 年 3 月 18 日(日) 8:00~8:40	
	司会: 内田 整(国立循環器病センター麻醉科)	
インターネット検索の達人への道	...	24
	広島市立安佐市民病院麻醉・集中治療科 讃岐美智義	

1. はじめに

米国では **standard** となりつつある **BIS** ですが、その内部の詳細に関しての資料は限られています。ここでは、まず脳波を元にどのように麻酔レベルを推定するかという方法を解説し、続けて **BIS** の算出原理とその意味について解説します。さらに、実際の使用上どのような点に注意がという点についても言及したいと思います。

2. 脳波と麻酔薬・鎮痛薬について

脳波は脳皮質の自発的な活動に伴う電位です。では、脳波から術中の麻酔レベル(hypnotic level) をどのように推定すればよいでしょうか。基本的には脳波によって判るのは麻酔のコンポーネントの内の鎮静度(催眠度)だけで、最も大切な鎮痛度は直接には評価できません。麻酔薬は意識レベルを低下させますが、侵害刺激や非侵害刺激は意識レベルを高める方向に作用します。従って鎮痛薬が使用されていない場合には刺激の程度と麻酔薬の鎮静作用のバランスで鎮静度が決定されます。この結果十分な鎮痛効果が得られていなければ鎮静度は手術刺激により大きく変動します。一方、鎮痛薬(麻薬類)は通常の臨床用量では脳波を変化させませんが、侵害刺激が存在する場合には刺激の入力を抑制することにより刺激による意識レベルの上昇を抑制します。硬膜外麻酔などのブロックも同様です。従って手術中は麻酔薬(催眠薬)と鎮痛薬と手術刺激の 3 者のバランスで意識レベルが決定されます。

3. 麻酔レベルと脳波変化

麻酔薬の違いによっていくらかの違いはあるものの揮発性麻酔薬やバルビタール、ベンゾジアゼピンやプロポフォールは麻酔レベル(鎮静度)と共に脳波を徐波化させます。さらに深いレベルになると **burst suppression** と呼ばれるほとんど平坦な部分(**suppression**)と高振幅の波(**burst**)が繰り返される状態を経てやがて完全に平坦化します。

4. BIS モニターとは

BIS は脳波解析から得られた 3,4 種のパラメータとあらかじめ得られている多変量解析による係数を用いて麻酔レベル(鎮静度)が示せるように作られた指数です。つまり統計学的手法に基づいて作成された指標であって、個々の患者の麻酔レベルを確実に示す指標ではありません。もちろん大部分の症例ではある程度の幅はあるもののほぼ納得できる範囲を示しているのは事実です。値が小さいほど覚醒している確率が低くなりますが、**BIS** が特定の値であるから患者の意識がないと言えるものではありません。

BIS はまず、観測された脳波にノイズ(**artifact**)が混入の有無をいくつかの手法で吟味しノイズが混入していないと考えられる脳波のみを解析に用いています。

さらに(1) **Burst suppression ratio (BSR)** and **QUAZI suppression index (time domain analysis)** (2) **Relative β ratio (power spectral analysis)** (3) **SynchFastSlow (bispectral analysis)** の 3 つの解析方法から得られた 4 種(基本的には 3 種)のパラメータを元にどのパラメータに重きを置くかを検討した後、統計解析によって選ばれている係数を用いて **BIS** 値を算出しています。では、これらの解析方法とそれによって選られるパラメータについて解説を進めましょう。

4-1. Time domain analysis と burst suppression ratio (BSR)

Time domain analysis は、脳波波形(振幅)の経時的変化を解析する方法です。**BIS** では 2 つの異なる手法で **burst suppression ratio (BSR)** と **QUAZI suppression index (QUAZI)** という 2 つのパラメータを算出しています。この 2 つはいずれも深い麻酔レベルで見られる **burst suppression** パターンの評価に用いられています。現在のところ **QUAZI** の算出方法は公開されていませんが、**QUAZI** の方が精度は高いようです。

4-2. Power spectral analysis と relative β ratio

Power spectral analysis は周波数ごとの波の **power**(振幅の 2 乗)を調べる方法です。脳波はこれを元に α 波(8-12Hz)、 β 波(13-30Hz)、 θ 波(4-7Hz)、 δ 波(1-3Hz)に分類されています。従来の

脳波モニターでは 30Hz までの周波数しか用いていませんでしたが、BIS モニターでは γ 波(30Hz 以上)というさらに高周波の脳波も利用しています。 γ 波は脳の高次機能と密接な関係があることが最近の研究で解ってきています。この γ 波を解析に用いることで浅いレベルの精度が向上しています。relative β ratio は 11-20Hz の波の power の和と 30-47Hz の波の power の和の比の対数として定義されています。実際にこのパラメータの変化をみると isoflurane 麻酔や propofol 麻酔時には覚醒から浅い麻酔レベルの間で非常に急峻に変化します。

4-3. Bispectral analysis と SynchFastSlow

Bispectral analysis は power spectral analysis では解析できない、波のコンポーネント間の非線形的な相互作用 (quadratic phase coupling) を調べる手法です。BIS モニターの鍵となる解析法であるとされています。BIS ではこの解析方法から SynchFastSlow というパラメータを作成して利用しています。実際にはこのパラメータは臨床麻酔のレベルで最も重いウェイトが掛けられています。

4-4. BIS(脳波)で麻酔レベルを見る時の注意点

BIS は優れた artifact detection algorithm を実装していますが、完璧ではありません。種々のノ

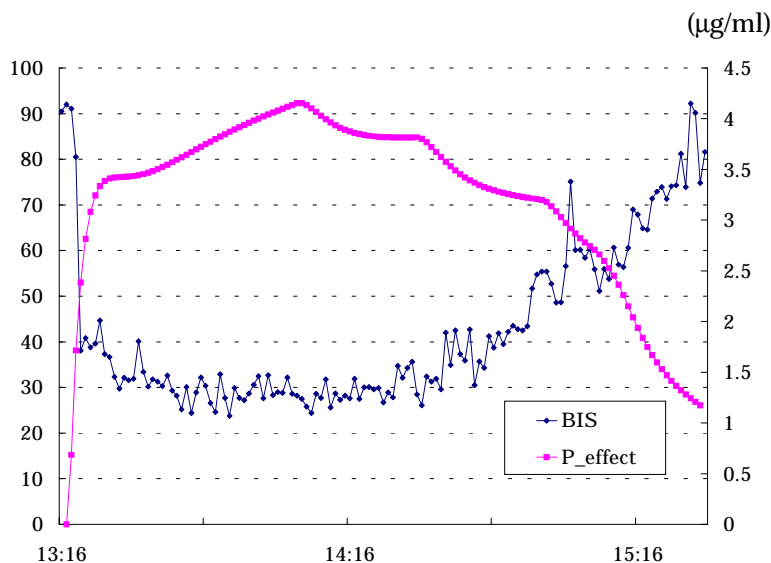
イズの影響を受けます。最も注意すべきは EMG (筋電図) です。EMG が混入すれば BIS は高値になります。このような場合には真の鎮静度を知ることが困難です。また、Br J Anaesth に報告されているように揮発性麻酔薬では中等度以上の麻酔レベルで BIS が paradoxical な変化をすることがあります。この他複数の麻酔薬を使用した場合に、どのような結果が生じるかは未知の部分もあり注意が必要です。

また、基本的なこととして皮質脳波では刺激に対する反応性をみることはできません。BIS にしても同様です。刺激に対して反応するかどうかはむしろ下位脳幹以下のレベルの状態によって決定されるからです。

5. まとめ

BIS はこれまでの脳波モニターにない種々の特徴を持っており性能的にはすぐれたモニターです。しかしながらまだまだ問題点がない訳ではありません。現時点では BIS の値だけに頼って麻酔できるほど信頼性が高いとは言えないのが現実です。BIS 値だけでなく signal quality や脳波波形そのものに注意しながら使用するべきでしょう。

Effect Site Concentration of Propofol vs. BIS



Batista Novacor LVAD
2

となり三尖弁の **geometry** が変化することによって三尖弁閉鎖不全を術直後よりきたすことがあった。**Bicaval** 法ではレシピエントの右房組織をすべて切除し上, 下大静脈で吻合することによって, より解剖学的な吻合が可能となった。

ビデオ1: Batista 手術後の心不全に対する Novacor LVAS 植込み術

症例は 55 歳男性, 診断は DCM, CHF, sustained VT, interstitial pneumonitis である。家族歴, 既往歴に特記すべきことはない。現病歴では 1990 年に DCM の診断を受け medication を受けていた。1996 年に sustained VT による失神発作がありアミオダロンの投与が開始された。またこの頃より心不全症状が出現した。1999 年 10 月に心不全の悪化があり CTR 71%, LVDd 94mm, LVEF 14% に対し Batista 手術, MVR (Hancock 27mm), TAP が行われた。術後 CTR 60%, LVDd 83mm, LVEF 22%に改善し臨床症状も改善した。

2000 年 9 月よりアミオダロンによる interstitial pneumonitis による呼吸困難が出現し同時に心不全も悪化した。カテコラミン, IABP dependent となったため 2000 年 10 月 30 日 Novacor LVAS の植込みを行った。

本症例の問題点は 1) cachexic な患者であり, ポンプポケットの作成が困難, 2) Batista 術後であり infow conduit のための横隔膜トンネル作成が困難であった。Novacor LVAS は日本人には大きすぎることが問題であったが, 今回はポンプポケットを従来の腹直筋後鞘前, 内腹斜筋前から腹膜前, 内腹斜筋下に作成することにより出血の合併症なく十分なポケットの作成が可能であった。また inflow conduit は横隔膜を正中から左側方へ胸郭附着部から 2 cm で切離することによってルートを作成した。術後の呼吸器機能への影響が懸念されたが臨床上は問題なかった。

ビデオ2: Bicaval anastomosis による同所性心移植

症例は 14 歳女性で診断は DCM である。従来の Lower-Shamway 法は右房, 中隔組織が過剰

MEMO

1. 循環動態のなかでの心拍出量の位置付け

酸素の供給と運搬の過程を振り返ると血液の流れが深く関与していることに気づく。第一に呼吸による酸素の肺胞から血液中に移行であり、血液ガス分配係数と心拍出量からなる肺胞換気の式に関わる。第二に酸素は血流により末梢各部の組織に運搬されるため、ヘモグロビンとの化学的結合量や酸素の溶存量と心拍出量の積からなる酸素供給量が重要である。これら心拍出量が直接的に関与する諸量に加え、臨床的な患者管理においてはシャント率、 V/Q 比、胸腔内血液量(拡張期心内容量+肺血管内容量)、肺内の血管外水分量など間接に心拍出量に関連する因子が重要である。また、その供給過程においても末梢血管抵抗や酸-塩基平衡などを挙げるができる。このように心拍出量の把握は周手術期における患者の呼吸、循環動態の管理にとって必須である。

2. 心拍出量計測の歴史

心拍出量の計測、特に指示薬希釈法は長い歴史が有る。定常流の血流の中に指示薬を瞬時に加えた場合、その指示薬は血液流の中に拡散し、その濃度を観測すれば、流量すなわち心拍出量が測定できる。このことは、簡単な物理モデルにより理論的に説明できる。すなわち、投与量を濃度曲線下の全面積で除した値は心拍出量に等しい。しかしこの物理モデルにより心拍出量は計測できても希釈曲線の形状は数式的に予測できない。例えば、再循環のない希釈環境下では正確な心拍出量が計測できても、再循環のある環境下では正確なそれが得られない。なんとすれば、希釈曲線は初循環のみならず第 2、第 3 など高次の循環を含むからで、初循環のみの曲線下面積の正確な抽出に困難を伴うからである。Hamilton らはこの抽出の為に片対数外挿法を考案し、この問題の解決を図った。彼らはもし再循環が無ければ濃度曲線は下降脚のある部分より指数関数的に減衰するはずだと仮定した。したがって、単一指数関数(mono-exponential function)により下降脚(ピークの 70%より 30%まで)を回帰しそれを外挿すれ

ば初回の濃度曲線下面積が計測できるとした。一方 Stow らは希釈曲線に対して対数正規分布曲線を当てはめると正確に回帰できることを示した。彼ら自身の言葉を借りると「循環における混合に対して理論的には何ら寄与できないが、初回の全希釈曲線(上昇脚、下降脚を含めて)を単一の数式により表現することが可能な経験的な取り組み方法を報告する」である。この対数正規曲線式を使用すると全過程の希釈曲線を高い精度で回帰できる事を示した。また数式で希釈曲線が示されるため心拍出量、平均循環時間や Stewart の血液容量(平均循環時間と心拍出量の積)なども正確に求めることができる点にメリットがある。対数正規分布による心拍出量と Hamilton の片対数外挿法によるそれと比較すると、+3.5%の有意な差(Hamilton 法が 3.5%だけ underestimate する)が存在する。

3. 心拍出量計測の理論的取り組み

こうした対数正規確率分布が実際の希釈曲線を驚くほどの精度で近似できることに対し、Jansen らは「対数正規分布は何らの生理学的バックグラウンドを持たない純粋数学的表現である」とし、Zierler らは「理論的な意味づけができないため、偶々一致したに過ぎない」と批判した。“らしいから、それを使用する”は説得力に欠ける。ここでの大きな問題は生理学的な理論モデルにて希釈曲線が対数正規分布に従うことを証明できるか否かである? Linton らは Hamilton の片対数外挿法のもとになった単一コンパートメントからなる mixing-Washout モデルを改良し、それらコンパートメントが直列に数段接続されたマルチコンパートメントモデルを提唱した。中心静脈に投与された指示薬は心臓、肺動脈、肺胞を経由する間に mixing-washout を繰り返し受けるとの考えに基づいている。各コンパートメントにおける指示薬の質量保存則を差分方程式で解くことによって、 N 段からなるコンパートメントを経過後の濃度は χ^2 分布曲線(自由度: $2N$)に従うことを示した。さらに 3 段(自由度 6)以上では対数正規分布とほぼ一致する($r=0.9998$ 以上)ことを示した。この数学モデルは生理学的な因子により組み立てられ、さらにその出力は実験的に得られた希釈曲線を再現できる。“らしいから、それを使用する”から“であるから、それを使用する”に進化した。

4. 心拍出量計測理論モデルの使用

モデルは数式で表現される故、コンピュータ上に再現できる。このため、種々の条件を設定し、その変化による希釈曲線の違いや心拍出量の差について論じることができる。指示薬の投与を瞬時に完了することを必要条件とする心拍出量計測において、例えば時間をかけて投与したとき、例えば乱数のパターンで投与した時などに心拍出量がどうなるのか等、実際の臨床的研究では成し難いことであっても数式モデルでは容易であり、影響を定量的に評価することができる。また Hamilton による片対数外挿法と Stow, Linton らによる対数正規分布曲線回帰による心拍出量の差に関しても定量的に評価できる。

5. 連続的心拍出量計測

指示薬希釈法による心拍出量は指示薬投与からは数秒、trans-pulmonary の場合でも 20-30 秒内に結果を知ることができる。しかし指示薬の連続的投与は不可能なため、時間的には intermittent, occasional な測定法とされる。これに対して、臨床的に使用される continuous CO (CCO) はヒータ埋め込みの Swan Ganz カテーテルを使用したヒータ加熱熱パルス型、超音波受発信装置を埋め込んだ Swan Ganz カテーテルを使用するドップラー型、動脈圧の波形 (pulse contour) 解析を使用した contour 型、Fick の原理を応用した代謝 (酸素摂取量または二酸化炭素産生量) 型などがある。今回は、一般に CCO (Continuous Cardiac Output) と呼ばれる、ヒータ加熱熱パルス式希釈法について述べる。実のところ、熱パルス式の希釈法は continuous では無い。ふさわしい表現として、semi-continuous または continual と表現すべきものである。理由は後ほど述べる。

一般的に熱希釈法は指示薬として熱 (通常は冷熱) をボラス投与する。ボラス投与された熱は右房、右室、肺動脈を経る過程で mixing, washout, diffusion を繰り返し、最後に肺動脈遠位にある温度センサーに到達する。この過程における熱の伝播経路を系 (システム) と考えると、系への入力はいち冷たいボラス投与の生理食塩水であり、系の出力は血液の温度変化である。冷生食をボラスにて投与することから、この温度変化はインパルス入力と考えられる。システムにインパルスを入

力したときの出力 (この場合熱希釈曲線) を特別に “システムの応答” と呼ぶ。この場合、熱希釈曲線は右房、右室、肺動脈からなる血流路システムの応答である。一方、ボラス投与のようなインパルス入力ではなく、不規則な位相を持つ温度波形をこの血流路システムに入力してもその出力はやはり、“システムの応答” を示す。サーマルコイルによる熱インパルスは微小 (10^{-2} 度オーダー) であることと、電流を流し初めてコイルの温度上昇が完了するまでには時間がかかることより、このサーマルコイルを使用して、冷生食のボラス投与を同格とすることはできない。したがって、システムの応答 (つまり熱希釈曲線) を得るためには不規則な位相を持つ温度波形を血流路システムに入力する。実際の装置では、不規則な位相を持つ温度波形として、擬似不規則数列を使用している。

6. 連続的心拍出量計測は真に連続的であるか?

さて、この方法で検出される温度変化 (サーマルコイルによる) は 10^{-2} 度オーダーと微小である。例えば、呼吸をした場合を考えてみると、吸気の場合肺胞は冷たい吸気に満たされるため通過する血液は温度を下げる。反対に呼気の場合は血液温が上昇する。つまり、呼吸により常に微小な温度の上昇下降が繰り返される。中心静脈に輸液を行う場合、輸液速度は一定に設定されていても、CVP は呼気サイクルや心拍のリズム変動により変化し、輸液の注入速度に変調を加える。普通、体外からの輸液は体温に比べ低温であることより、血液温を微小に変調する。こうした温度変化はサーマルコイルによる温度変化に雑音として加わる。したがって雑音除去のために加算平均をとる必要がある。この結果、心拍出量は時間遅れを伴うことになる。市販されている CCO 機器の時間遅れは具体的にどの程度なのか? Goldstein らは “Vigilance”, “Opti-Q” においてレスポンスタイムはそれぞれ、900 秒、86 秒と発表している。つまり心拍出量の現在値はそれぞれ 900 秒、86 秒前よりの平均値である事を示している。つまり、一分前に心拍出量が突然に急減しても現在値より推定し難いことを示している。このこと故に CCO は continual, または semi-continuous と呼ぶべきである。真の意味での CCO は別の手法による計測を待たなければならぬ。本稿ではその意味での CCO についても簡単に触れたい。

Non-invasive Cardiac Output Monitors NICO™ HemoSonic™

麻酔や集中治療領域の循環管理において、心拍出量は重要なパラメータである。心拍出量の測定方法として、“gold standard”である熱希釈法が広く普及している。しかし、熱希釈法による心拍出量モニタリングは、肺動脈カテーテルの挿入を必要とする侵襲的な方法であり、より侵襲度の低い測定方法が研究されてきた。

昨年、非(低)侵襲性をキャッチフレーズとする心拍出量モニタリング装置が数機種、わが国の市場に登場した。今回、これらの機器の中から NICO™ と HemoSonic™ の 2 機種を取り上げ、測定原理から臨床使用について、実例を含めて紹介する。

NICO™

1. 測定原理

NICO™ は呼吸回路に接続したセンサーを用いて、二酸化炭素(CO₂)を使用した“部分的再呼吸による差分 Fick 法”により心拍出量を計算する。

Fick 法を CO₂ に適応すると次の式になる。

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}CO_2}{\bar{C}vCO_2 - CaCO_2} \quad \dots (1)$$

ここで、通常時(N)と再呼吸時(R)の両者において式(1)を変形して適用する。

$$\dot{Q} \times (\bar{C}vCO_{2N} - CaCO_{2N}) = \dot{V}CO_{2N} \quad \dots (2)$$

$$\dot{Q} \times (\bar{C}vCO_{2R} - CaCO_{2R}) = \dot{V}CO_{2R} \quad \dots (3)$$

式(2)から式(3)を引き、変形して \dot{Q} を求める。

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}CO_{2N} - \dot{V}CO_{2R}}{(\bar{C}vCO_{2N} - CaCO_{2N}) - (\bar{C}vCO_{2R} - CaCO_{2R})} \quad \dots (4)$$

ここで、分子は通常時と再呼吸時間の $\dot{V}CO_2$ の変化分($\Delta\dot{V}CO_2$)である。また、再呼吸時に混合静脈血の CO₂ 含量が変化しないと仮定すると(50 秒の再呼吸では有意の $\bar{C}vCO_2$ 増加を認めないことが報告されている)、式(4)の分母のうち静脈成分は消去され、動脈血 CO₂ 含量の変化分($\Delta CaCO_2$)

のみとなる。

従って、 \dot{Q} は次の式で表すことができる。

$$\dot{Q} = \frac{\Delta\dot{V}CO_2}{\Delta CaCO_2} \quad \dots (5)$$

NICO™ では、CO₂ と換気量の測定により式(5)の分子を得る。また、分母は EtCO₂ の変化曲線より計算する。なお、EtCO₂ による $\Delta CaCO_2$ の計算には EtCO₂ の変化分のみを使用するので、EtCO₂ と PaCO₂ が必ずしも一致する必要はない。

2. 機器の構成と動作

NICO™ では専用のセンサーモジュールを使用する。センサーモジュールは、メインストリームの CO₂ 測定アダプタに加えて、フローセンサーと再呼吸弁および死腔生成用のループが一体化している。図 1 に示すように測定は 3 分間が 1 サイクルで、各サイクルにおいて 50 秒間の再呼吸が行われる。

NICO™ で測定しているのは肺毛細管血流量である。従って、心拍出量の計算には肺内シャントを考慮する必要である。このため、NICO™ にはパルスオキシメータが内蔵されており、SpO₂(あるいは手入力による動脈血ガス)と FiO₂ から肺内シャントを補正するようになっている。

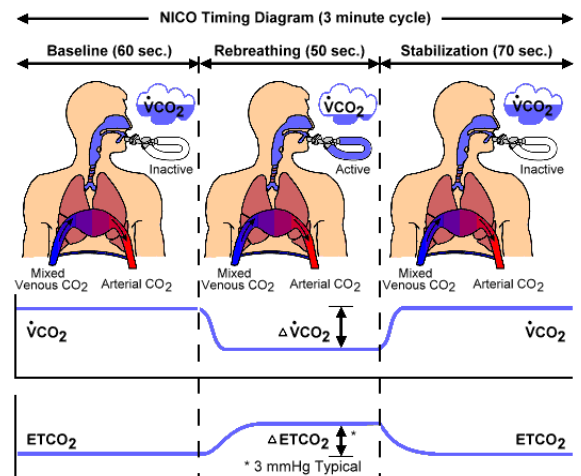


図 1. NICO™ の測定サイクル

3. 臨床使用における利点と問題点

挿管患者のみが対象であるという制限はあるが、非侵襲的であり、ほぼ自動的に連続測定できることは利点である。また、肺動脈カテーテルと比較すると経済的(但し、センサーは結構高価!)である。

前述のように、3 分間を 1 サイクルとして測定する

ため、短時間の心拍出量変化を捕えることはできない。また、測定サイクル中に心拍出量が一定しない場合は精度が低下する。静脈血 CO₂ 含量や CO₂ 産生量、あるいは肺内シャントが変化する場合も同様である。

現時点では、センサーの性能の理由から換気量の最低値は 200ml であり、小児には使用できない。また、FiO₂ を変更した場合は、その都度 FiO₂ を手入力する必要がある。その他、開胸手術では測定値のバラツキが大きくなる現象も経験している。これらの諸問題については、近い将来に改良されることを期待したい。

HemoSonic™

1. 測定原理

HemoSonic™ は経食道的に挿入したプローブを使用して、超音波エコードップラ法により大動脈径と流速を測定し、両者から大動脈血流量を計算する。

$$q(t) = A(t) \times \bar{V}(t)$$

すなわち、時間 t の大動脈横断面積 $A(t)$ に平均血流速度 $\bar{V}(t)$ を掛けるとその時点の血流量 $q(t)$ が求まる。血流量を一定時間測定し、1 分間に換算すれば大動脈分時血流量を求めることができる。

2. 機器の構成と動作

図 2 に HemoSonic™ の食道プローブの構成を示す。プローブの先端部には、M モードで大動脈径を計測するエコーセンサー(10MHz)と血流速度を測定するドップラセンサー(5MHz)の 2 つのセンサーが装備されている。エコーセンサーはビーム角が約 4° と狭いため、プローブを大動脈に対して高い精度で照準することができるようになっている。

プローブは T5~T6 の高さ(この部分では大動脈がほぼ円形で、かつ、食道と平行している)に挿入し、この位置で下行大動脈の径(前壁と後壁の間の距離)と血流量(ABF)を同時に測定する。機器本体には心拍出量を表示する機能があるが、これは、 $CO = 0.69 + 1.22 ABF$ という関係式から換算する。また、ドップラ波形から、左室の駆出時間に相当するパラメータなども計測して表示できる。

3. 臨床使用における利点と問題点

従来のドップラ法による心拍出量測定では、大動脈径を手作業で計測するか、あるいはノモグラムにより計算する方法であった。これと比較すると、半

自動的に大動脈径を計測する機能が加わった HemoSonic™ は大きな進歩と言える。

HemoSonic™ が測定するのは下行大動脈血流量であり、左室の駆出量ではない。従って、大動脈遮断や血流分布の変化などにより、測定値が真の心拍出量を反映しない場合も生じる。

超音波を使用している関係で、HemoSonic™ と TEE を同時に使用することはできない(胃管の挿入は可能)。また、動脈硬化により下行大動脈が蛇行している患者では血流測定に支障を来たす場合もある。

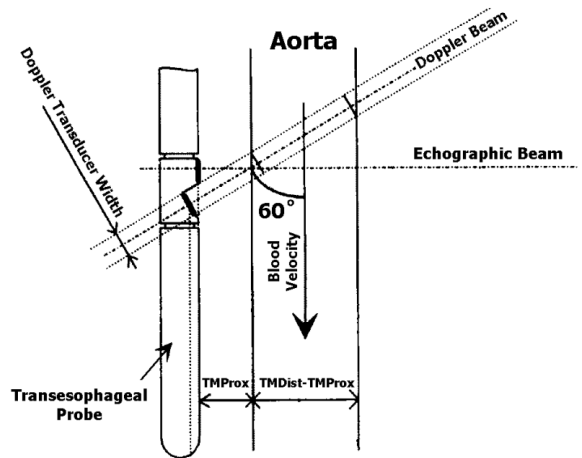


図 2. HemoSonic™ の食道プローブの先端部

1. はじめに

心拍出量の連続測定は、ヒーター付き肺動脈カテーテル(Vigilance), 呼気ガス解析(NICO)などにより可能となったが、いずれも数分間の平均拍出量を求めるものであった。PiCCOは、圧波形分析式心拍出量測定法(PCCO: Pulse Contour Cardiac Output)により、一拍毎の動脈圧波形から一回拍出量を計算するまさにreal time cardiac output monitorである。また測定原理から、PCCOは間歇的に熱希釈法を用いてキャリブレーションを必要とするが、その際、血液量、胸腔内血液容量、肺血管外水分量の推定値を求めることができる。

今回、本装置をCHF施行中の敗血症患者に適用し、水分管理を行った症例を経験したので、その使用状況、問題点などを報告する。

2. 測定原理

1) 心拍出量測定の原理

PiCCOによるPCCO測定は、動脈圧波形のうち収縮期に相当する面積が左室一回拍出量と比例する関係にあることを利用している。つまり、図1における面積Aを求め、これにHRと補正係数calを掛けることによりCOを求める。

補正係数calを求めるためには、実測のCOを求める必要がある。PiCCOは中心静脈より冷却水を急速注入し、大腿動脈に留置した動脈温度センサーにより熱希釈曲線を得て、Stewart-Hamilton法に基づいて算出される。

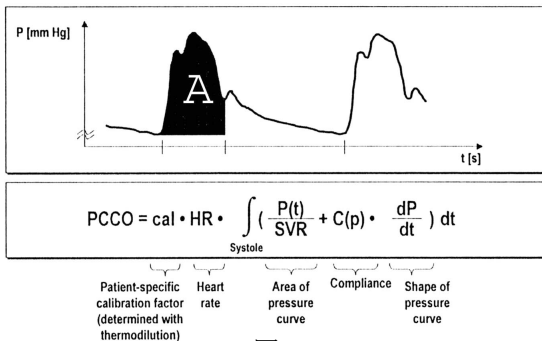
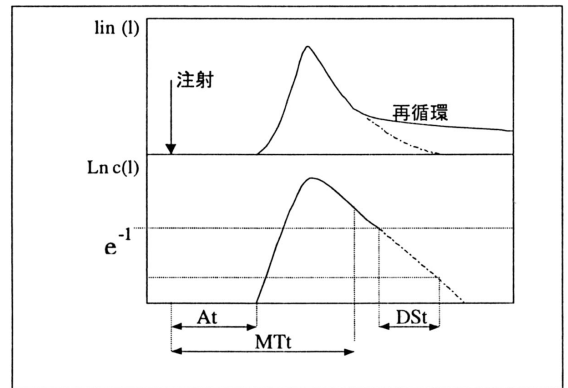


図 1

2) 様々な容量値算出の原理

PiCCOでは、図2の熱希釈曲線におけるMTt(注入部位から測定部位までの冷水の平均通過時間)とDSt(経動脈熱希釈曲線における指数降下時間)とCOから様々な容量値を算出している。

- ITTV (intra-thoracic thermal volume: 胸腔内熱容量) = CO × MTt
- PTV (pulmonary thermal volume: 肺熱容量) = CO × DSt
- GEDV (global end-diastolic volume: 心臓拡張終末期総容量) = ITTV - PTV
- ITBV (intrathoracic blood volume: 胸腔内血液容量) = 1.25 × GEDV
- EVLW (extravessel lung water: 肺血管外水分量) = ITTV - ITBV



At: 出現時間 MTt: 平均通過時間 DSt: 指数降下時間

図 2

3) その他のデータの算出

- CFI (cardiac function index: 心機能係数) = CO / GEDV
CFIは、前負荷に依存しない心機能を表す指数とされる。
- SV (stroke volume: 一回心拍出量) および SVI (stroke volume index)
- SVV (stroke volume variation: 一回拍出量変動)
- SVR (systemic vascular resistance: 全身血管抵抗) および SVRI (systemic vascular resistance index)

4) 動脈圧波形解析データ

PiCCOは大腿動脈圧波形のdP/dt maxをも

って、左室の dP/dt max を推定している。

3. PiCCO のカタログ上の利点

- 1) 低侵襲(SWG に比べて)
- 2) 小児適用可能(BW > 8 kg)
- 3) 早いレスポンス(beat to beat の測定)
- 4) カテーテル留置に要する時間が短い(SWG に比べて)
- 5) 連続的測定項目—CCO, SV, SVV, SVR
- 6) 間歇的測定項目 : GEDV, CFI, ITBV, EVLWI

EVLWI

- 7) 集中治療に要する費用の削減

4. PiCCO の適応

カタログ上、循環変動の大きな疾患や水分変動の大きな手術などへの適応が勧められている。SWG に比べ肺外水分量などの容量情報を必要とする疾患に適していると考えられる。

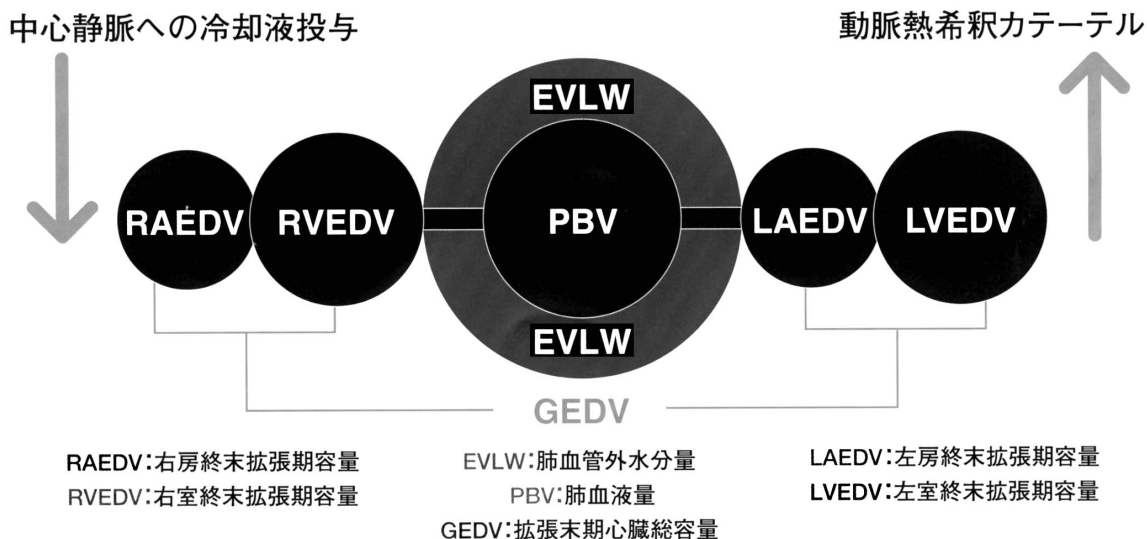
- 1) ショック
- 2) ARDS
- 3) 急性心不全・肺高血圧症
- 4) 開心術・侵襲の大きい開腹または整形外科手術
- 5) 多発外傷・熱傷
- 6) 移植手術

5. PiCCO の使用経験

70 歳男性、イレウス解除術後に MRSA 感染により敗血症性ショックに陥り、ICU に入室した患者に PiCCO を挿入し、SWG により測定された CCO と PCCO を比較するとともに、間歇的に肺外水分量を測定し、水バランスおよび胸部レントゲン写真と比較した。

PCCO と CCO は非常によい相関を示した。また、日々の水バランスに対して EVLWI も妥当な数値を示し、水管理の指標として有用と考えられた。

(考察) PiCCO による PCCO 値は、従来の SWG による CO 測定値とよい相関を示し、充分信頼に足るモニターと考えられた。肺外水分量も推定値ではあるが、臨床的には非常に参考になると考えられた。しかし、血管系のコンプライアンスが急激に変化する状況や、より大きく CO が変動する場合の PCCO の信頼性については、症例を重ねて検討する必要があると思われた。



TCI (Target Controlled Infusion)

1. はじめに

麻酔科医が長年親しんでいる揮発性吸入麻酔薬も、数十年前はオープンドロップ法が主であり濃度コントロールは困難であった。その後もっと強力な揮発性吸入麻酔薬が出現したが、安全域が狭いため、現在では圧や温度の補正機構がついた専用気化器が開発され、ダイヤルを設定すればほぼ指定濃度のガスが得られる(±20%, 気化器によって異なる)。さらに呼気終末のガス濃度をモニターして効果部位である中枢神経系での濃度を推定しながら麻酔管理できるようになった。

静脈麻酔に関してはプロポフォールが導入されてから飛躍的に進歩しはじめた。ももとの静脈麻酔は注射器で手動的に〇〇ml 静注するという方法であり、プロポフォールも初期は手動的注入による導入の後にシリンジポンプで麻酔維持を行なった。その後にはボーラス投与ができるように最大投与速度を1000ml/hr以上とし、計算機能が付いて体重(kg)あたりの投与が行えるポンプが現れ、1つのポンプで導入と維持ができるようになった。

しかしこれらのポンプではマニュアル投与を行いやすくしただけで投与自体はまだ盲目的である。なぜなら、一般に半減期の4-5倍の間、一定速度で持続投与すれば濃度は定常状態となり、投与速度と濃度は比例関係になるが、実際の静脈麻酔薬はカテコラミンのような短時間作用性ではないため、投与速度から実際の濃度を推定することはほとんど不可能であるからである。

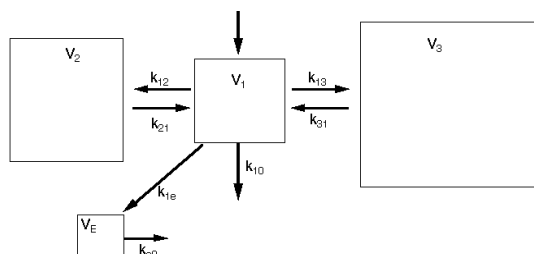
このような背景のため、静脈麻酔でもガス麻酔での気化器のようにダイヤルを設定するだけで簡単に使用でき、現在のマニュアル法よりもずっと安定した濃度コントロールが可能となる新しいシステム Target Controlled Infusion (TCI) が待望されているわけである。

2. 薬物動態をコンパートメントモデルで考える

麻酔薬を静注したときの経時的な濃度変化は 2 ないし 3 個のコンパートメントモデルを用いた薬物動態解析で予想できる(図 1)。静注すると、血液を中心とする第 1 コンパートメントに速やかに分布し、引き続き血流が豊富な筋肉組織などを主に構成している第 2 コンパートメントと脂肪組織を主たる構成とする第 3 コンパートメントとの間を平衡に維持し

ようとする。コンパートメントモデル自体は各コンパートメントに存在する薬剂量とコンパートメント間を移動する速度定数とがわかれば質量保存の法則で、連立微分方程式を解けば計算できる。そして第 1 コンパートメントの濃度が計算血中濃度として利用される。現在では薬物力学を考慮し、麻酔作用を反映する効果部位(実測不能なため仮想的な概念である)を加えたモデルで考えるようになって

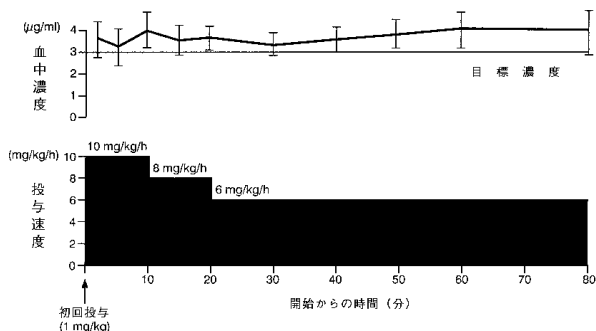
図 1. 3 コンパートメント+効果部位モデル



3. 薬物動態を考慮したマニュアル投与方法

プロポフォールで1mg/kgの初回投与から10→8→6mg/kg/hrと漸減していく Roberts らの方法¹⁾(図2)は、体表面手術に至適と考えられている3μg/mlを維持する時にすすめられている。いわば濃度を一定に保つための『守りの麻酔管理』である。しかし術中に麻酔深度に過不足があると判断して別の濃度に変えたいときには、なんら目安はなく、やはり盲目的にするしかなかった。

図2. Roberts らマニュアル投与方法と実測濃度

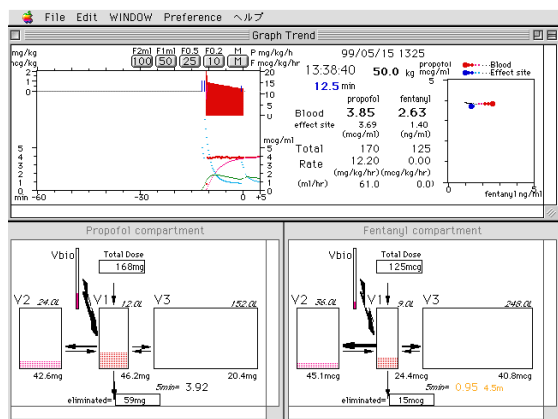


4. 実時間での濃度シミュレーション(セミオートマチック) - 図3

薬理学者による薬物動態を元にした投与方法は、コンピュータの小型化と性能アップ、ポンプ側のデジタル入出力の装備によって、我々麻酔科医が実時間での濃度を(モニターするような感覚で)シミュレー

ションすることが可能になった。ポンプ内の投与量の情報をパソコンとつないで自動的にとりだして、コンパートメントモデルを解き血中濃度を計算させることが麻酔科医の手を煩わせることなく可能となった。それまでの盲目的で目安のない投与方法をうち破ることができた。そして計算された血中濃度と目標濃度との差をもとに、麻酔科医が投与速度を指定してやり臨床症状をみながらコントロールすることができるようになった訳である^{2,3)}。ちょうど呼吸終末麻酔ガスモニターにほぼ相当する

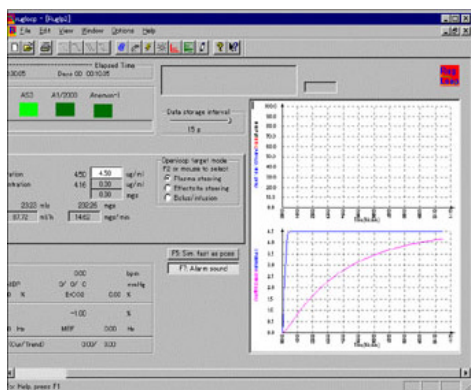
図3. PropofolFMon (筆者のフリーソフトウェア)



5. TCI はオートマッチック投与方法である

本稿のメインテーマである TCI は投与量からコンパートメントモデルを解いて血中濃度を計算する点では前述のセミオートマッチックと全く同じである。TCI では標的濃度を設定すると血中濃度との差をもとに内臓コンピューターが投与速度を自動制御してくれるので麻酔科医にとっての省力化はよりすすんでいる。TCI には外部コントロールの可能なポンプとコンピュータとソフトウェアの組み合わせが、TCI 専用ポンプが必要である。

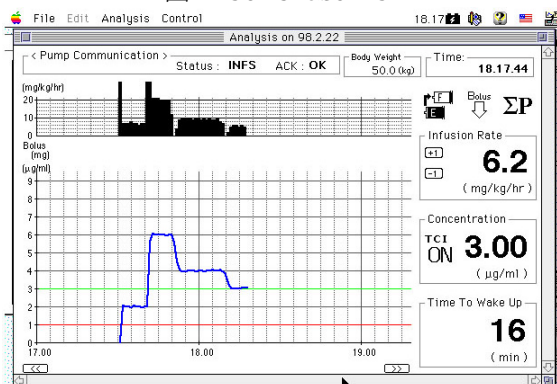
図4. RugLoop の画面



前者には米国で開発され無料で使用できる Stanpump があり MS-DOS のマシンで動く。グラフィックを多用した表示のできる StellPump や Windows で動く RugLoop (図 4) もある。これらは Graseby 3500, Alaris Gemini シリーズなどをサポートしている。わが国でも麻酔科医による TCI ソフトが複数公表されている。

マッキントッシュで動くフリーの TCI ソフトには ConGrase TCI (長田理先生作) があり、名前のように Graseby 3500 をサポートしている (図 5)。Stanpump の Mac 版もある。

図5. ConGrase TCI



一方、数社からプロポフォール専用の TCI ポンプが商品化され (図 6)、わが国でも開発されている。これらはディプリフューザー™ポンプと呼ばれ、現在それらの一部はわが国でも厚生省に申請中で今春には Graseby 社とテルモ社の TCI ポンプが認可される見込みである。プロポフォール充填ずみの専用注射器には薬剤と濃度の情報がはいったチップが組み込まれており、ポンプの設定ミスがなくなり、注射器への吸引が不要で細菌汚染も少なくてできる。

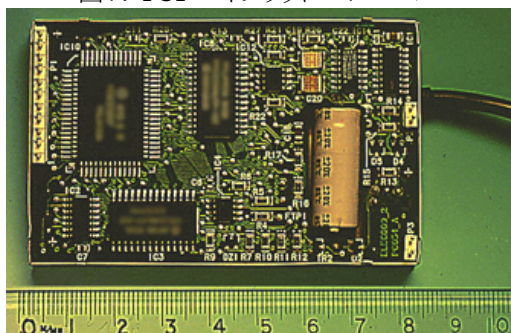
図6. プロポフォール専用 TCI ポンプ



これらの商品化された TCI 用ポンプの中には図 7 のようなハイブリッドモジュールが内蔵されており、その中には 2 つの CPU をもっていて計算とポンプ

のコントロールを行っている。世界中のどの会社のポンプであっても、ディプリフューザーのラベルのあるものは同じパフォーマンスをもつように意図されている。勿論、操作性や表示の理解のしやすさなどは各社の特徴がでていようである。もとなつている薬物動態のデータは欧米人のものだが、日本人で類似のデータを使った報告⁴⁾からも人種差は依存しない。

図7. TCI ハイブリッドモジュール



TCI は投与量を適切に行いやすいため、盲目的投与でおこりがちな『不必要な過量投与』を減らせるため経済的でもある。

6. 薬物動態によるコントロールの限界

薬物動態モデルをもとにしたポンプでの実測値の差は±30%程度はある⁵⁻⁹⁾。揮発性吸入麻酔薬も気化器の出力濃度はコントロールできても、血中濃度をコントロールしているわけではない。呼気終末の濃度から肺泡濃度、血中濃度を推定するわけで誤差をもっている¹⁰⁾。静脈麻酔であれガス麻酔であれ、麻酔科医の目的は患者を麻酔状態にすることであり、血中濃度を $***\mu\text{g/ml}$ にすることではない。TCI は高い設定にすれば高くなり低い設定にすれば低くなるので直線性はあるが多少精度が甘い気化器と思えばよい。それでも従来の盲目的な投与よりは格段の進歩である。

7. 薬物動態パラメータの限界

もとにしたパラメータが、限られた健常者から得られたデータの代表値を利用しているため、推計学的にもこの範囲にあるとは推定できるが、ある程度のばらつきをもっている。しかも小児や超肥満のように分布自体が異なる場合、肝疾患、腎疾患などクリアランスが悪いときなどの特殊な病態、ICU での鎮静のような長期投与のデータはまだ少ない^{11,12)}。

8. TCI があれば麻酔科医は不要か？

TCI はあくまで一定の濃度を維持しようとするオープンループコントロールである。効果の情報をフィードバックさせて同じ効果レベルを維持するクローズドループコントロールではない。理論的には、常時信頼できる麻酔深度モニターが完成したらクローズドループコントロールも可能である。しかし現状ではその道は遠い。あくまで目標濃度を設定するのは麻酔科医であり、どのくらいにするのがよいのかは臨床症状、手術の内容やステージ、硬膜外麻酔などの他の鎮痛法の併用の有無を考慮して総合的に判断することが必要である。もちろん薬物動態を知らないでも使える点は便利であり麻酔科医にとっても使いやすくなる。単によりよい麻酔管理ができる道具を手に入れるわけである。

9. 更なるよみもの

詳細は筆者らがわかりやすくまとめた特集記事があるので、参考にさせていただきたい^{13,14)}。

【静脈麻酔薬での管理の基本的注意；麻酔薬が患者さんのからだに入ってはじめて効果がでる】

実際に患者に注入される量は逆流、死腔、上流の流速などに依存する(逆流防止弁の重要度)。実際に患者に投与する速度、シリンジの中身の減少具合の確認が必須である。

【TCI で管理するときの注意点の追加】

濃度コントロールは、(ポンプが送り出した量 = 患者への投与量)という大前提。

接続チューブの外れなどロスのないこと。注射器をポンプに設置したら、注射器とポンプの『遊び』がなくなるように prime ボタンをおしてポンプと注射器の機械的結合を確認する。

【商用 TCI】

コンピュータを外部接続する『オタクの麻酔科医』のみの道具から、一般麻酔科医も濃度を意識した麻酔管理が簡単に行える。

現在のところプロポフォールにしか対応していないのが難点である。麻薬の投与に関しては従来通りであり小生の PropofolFMon などのソフトで補完することをおすすめする。

参考文献

- 1) Roberts FL, et al. *Anaesthesia* 43(Suppl): 14, 1988.
- 2) 中尾正和. *麻酔* 46: 279, 1997.
- 3) 中尾正和. *麻酔・集中治療とテクノロジー*1999 p33, 2000
- 4) Kazama T, et al. *Anesthesiology* 87: 213, 1997.
- 5) Ausems ME, et al. *Br J Anaesth* 57: 1217, 1985.
- 6) Raemer DB, et al. *Anesthesiology* 73: 66, 1990.
- 7) Glass PS, et al. *Anesthesiology* 73: 1082, 1990.
- 8) Shafer SL, et al. *Anesthesiology* 73: 1091, 1990.
- 9) Bührer M, et al. *Anesthesiology* 77: 226, 1992.
- 10) Frei FJ. *Br J Anaesth* 66: 331, 1991
- 11) Albanese J, et al. *Anesthesiology* 73: 214, 1990.
- 12) Bailie GR, et al. *Br J Anaesth* 68: 486, 1992.
- 13) 豊岡秀訓ら. *LiSA* 5: 761, 1998.
- 14) 中尾正和. *医科器械学雑誌* 69: 654, 1999.

1. 基本的画像を覚えよう

この10年間、TEEのテクノロジーは進歩してきた。プローベについては、monoplane TEE, biplane TEE, multiplane TEEと進歩を遂げ、ドブラ法については、当初その搭載に制限があったが、現在では一般的にパルスドブラ法、連続波ドブラ法、カラードブラ法が装備されている。さらに最近では、tissue Dopplerやpower Dopplerが搭載されているものもある。それ以外の解析装置として、automated border detection法があげられる。

プローベの進歩によりその形態学的診断能力は向上し、同時にその観察方法にも推移がみられる。

Monoplane TEEでは、Sewardらが1988年に基本的断面像(Mayo Clin Proc 63: 655, 1988)を呈示したが、それぞれの構造物をとらえるためには、プローベの位置を微妙に変化させたり、プローベ先端を左右に屈曲させる必要があった。また、一方向の観察であるので診断の能力に限界があった。

Biplane TEEでは、直交する画像を得ることにより、形態学的診断の信頼性が向上したが、必ずしもすべての構造物の短軸像と長軸像を観察できなかった。

Multiplane TEEでは、走査角を0から180度に変化させることにより、その患者に最も適した角度にて、構造物の短軸像と長軸像を得ることができるようになった。プローベ先端を左右に屈曲させる必要もほとんどなくなった。

1999年の発表されたASE/SCAのガイドライン(Anesth Analg 89: 874, 1999)では、画像オリエンテーションを一部変更して、基本的画像を主要20断面とした。

従来の画像オリエンテーションと比較して、主な変更点は次の3点である。

- 1) 左室流出路を観察するためにはME LAXなどがあるため、three-chamber (five-chamber)はその有用性が低下したので主要断面には含まれなくなった。
- 2) four-chamberは走査角0度固定ではなく、0から20度の角度で観察することで、より本来のfour-chamberになるとした。それにより、左室と三尖弁の観察部位が従来の0度four-chamberとは違いが生じた。
- 3) 新しくTEEにおける左室16分画が提案された。これは主要冠動脈の灌流領域とは合致していない。

左室の観察

十分に時間がある場合には、transgastric viewsとtransesophageal viewsを交互に観察することが可能であるが、プローベ操作をする余裕のないときに左室壁運動をモニタリングするのにtransgastricとtransesophagealのどちらがよいであろうか？

2. TEEの適応を考えよう

なんのためにTEEを挿入するのか、TEEでなにをみたいのかを明確にする訓練をしよう。そのためには、それぞれの疾病、病態において、TEEがどれほどの診断能力があるかについての知識が必要である。

	transgastric	transesophageal
必要プローベ	Biplane~	Multiplane
断面像	TG mid SAX, TG basal SAX TG LAX	Four-chamber view Two-chamber view ME LAX
操作	0° or 90°	10°, 90°, 140°
画質	約10%の患者にて評価できない部位がある	ほとんどの症例にて良好な画質
評価可能な範囲	心尖部(中隔, 側壁)は評価できない	16分画すべて評価可能
診断能力	TG SAXは微細な変化をとらえることが可能	

適応：ASA/SCA の practice guidelines (Anesthesiology 84: 986-1006, 1996)が 1996 年に発表されている。それぞれの項目を次のように分類している。

Category I はっきりとした適応があり，TEE がしばしば有用となる。

Category II 適応があるが，十分証明されていない。TEE が有用となる可能性あり。

Category III 適応に関する証拠が少ない。TEE が有用となる可能性は低い。

次にそれぞれの症例を提示して，TEE の適応をどのように考えるか，また TEE によりなにを評価すべきであるかを考えてみる。

症例 1. Ebstein anomaly 患者の非心臓手術

60 才，女性。

診断 卵巣癌，予定術式 卵巣癌根治術。

NYHA 1 度，心不全の既往なし，1 ヶ月前に左大腿動脈閉塞。

TTE LVEF 50%，TR III 度，ASD なし

ECG III, aVF negative T 以外異常所見なし

症例 2. 軽度大動脈弁狭窄および虚血性心疾患が疑われる非心臓手術

61 才，女性

診断 右変形性膝関節症

予定術式 膝関節置換術

時々，動悸や安静時の息切れの症状

TTE 軽度大動脈弁狭窄，中等度僧帽弁逆流，軽度左室肥大

Holter ECG ST 低下が認められる

症例 3. 生体弁による僧帽弁置換術

73 才，男性

診断 僧帽弁逸脱症

予定術式 僧帽弁置換術。

NYHA III 度

TTE severe MR

ECG Af

演者の施設では 1989 年以来、心臓手術時の routine のモニターとして経食道心エコー(TEE)を用いてきた。この 12 年間に振り返ると、僧帽弁閉鎖不全症に対する弁形成術の増加が目立つ。1989 年から 1992 年の間には僧帽弁閉鎖不全症 22 例に対し弁形成術がわずか 2 例(9%)であったが、1993 年から 1996 年には 33 例中 17 例(52%)に、1997 年から 2000 年には 47 例中 34 例(72%)となってきた。

TEE は、麻酔の分野に心臓手術時のモニタリング装置として普及してきた。しかし、麻酔科医が操作する TEE が、手術時の診断システムとしてその地位を確立できたとは言いがたい。僧帽弁形成術では、手術のガイド・意志決定のための診断装置としての役割が特に大きい。手術室で、モニタリングと手術のガイド・意志決定のための診断(情報収集)をいかに両立させるかが問題である。施設によっては、循環器内科医が術前検査として TEE 検査をおこなっていたり、循環器内科医がわざわざ手術室に足を運んで、術中、術後に弁機能の TEE 評価をおこなっているらしい。患者に多大な苦痛を与える術前の awake TEE は本当に必要なのだろうか？ 外科医は内科医が撮ったビデオを見せられ、次に心停止した僧帽弁を見て適切な形成方法をイメージできるであろうか？ 形成後の弁機能は循環器内科医でなければ正確に評価出来ないのだろうか？ 循環器内科医の評価を基準に手術の意志決定をおこなうことは正当であろうか？

演者は、いずれも No と考えている。患者の予後を左右するのは、詰まるところ術者の腕と適応の組み合わせであり、次に、結果として不完全形成となった場合の外科チームがおこなう対応の当否であると考えられる。

中通総合病院では、術中(全身麻酔下に麻酔科医がおこなう)の TEE を高く位置づけ、次のように僧帽弁形成術をすすめている。

- 1) 内科医、外科医は僧帽弁逆流に対する外科療法の適応を、患者の症状(耐運動能など)、体表心エコー検査、心臓カテーテル検査等から決める。特別な場合以外術前の TEE はおこなわない。

- 2) 可能な限り“弁形成”を指向して、「僧帽弁形成術(置換術)」あるいは、僧帽弁置換術(形成術)として、手術申し込みがなされる。
- 3) 麻酔導入後、麻酔科医が TEE で僧帽弁を詳細に観察し、術者に病態と解剖を呈示する。
- 4) 術者は体外循環装着までのあいだに、麻酔科医とともに実際に TEE 画像を見て、弁形成の可否、形成の方法についてイメージをつくる。
- 5) 心停止後、術者が直視下に弁を観察し、適応と判断すれば弁形成をおこなう。
- 6) 極力、体外循環中に、再形成の必要性、弁置換への移行を判断する。
- 7) TEE 画像を大型ディスプレイで手術室内に公開して体外循環離脱をおこなう。
- 8) 体外循環離脱後、再度、再形成・弁置換の必要性を判断する。

この方式で、手術をおこなった結果、「僧帽弁形成術(置換術)」が置換術となったものは 56 例 7 例、「僧帽弁置換術(形成術)」が形成術となったものは 46 例中 3 例であった。僧帽弁形成術を施行した 52 例中、離脱後ふたたび体外循環に移行して再形成術を施行した症例が 1 例あった。

弁形成術を前に外科医が欲しがらる情報は、「どこをどう形成すれば、必要な弁機能を温存でき、逆流を阻止できるか？」の観点でのリアルな動画像である。麻酔科医は僧帽弁の解剖をよく理解し、かつ TEE 操作に習熟し、外科医が見たい部位を様々な切り口(断面)で何度も繰り返して呈示できる必要がある。また、手術の進行にともなう血行動態の変化や意図的な心負荷の増大で、弁機能がどのように変わるかを術者にフィードバックすることも必要である。

僧帽弁閉鎖不全症の手術で演者は、以下のことに特に注意をはらっている。

- ・ 病変の部位・範囲、あてにできる部位・範囲(前尖は健常か?)
- ・ 接合不良の機序(弁輪拡大、腱索断裂・elongation, prolapse, 弁穿孔の有無、硬化短縮、粘液変性)
- ・ 心負荷増加時の逆流状態(胸骨切開時、体外循環開始時 etc)
- ・ その他(連合弁膜症、左室肥大・拡大、左室局所壁運動異常 etc)

術中 TEE を手術室内に公開して外科チームとして各々がその情報を活用するやりかたは、僧帽弁形成術成功のための決定的な要素となりうる。同時に、麻酔科医と外科医が画像を共有して議論し、手術所見と TEE 診断を対比して手術結果を振り返ることは、双方の **skill up** を促進し、双方の **learning curve** 短縮する。

発表では、

- 1) 不満足な形成だった症例
 - 2) 複数の人工腱索を立てて形成に成功した症例
 - 3) 病変部位の確定に苦慮した症例
- などを時間の許す限り提示する。

小児 TEE

経食道心エコー(TEE)の普及は著しいが、小児心臓手術においてはそのプローブの大きさや解剖学的理解が難しく、まだその臨床的有用性には限界がある。我々の施設では、体重 15~20 kg 以上は multi-plane プローブ、それ以下は biplane プローブを使用して可能なかぎり TEE モニタリングを行っている。TEE は、左室駆出率(EF)、内径短縮率(FS)などの左室収縮能の測定が可能である。また、EF、FS または肺動脈血流、大動脈血流、僧帽弁から心拍出量の測定が可能であるが、肺動脈カテーテルによる測定ほど簡単ではない。また、僧帽弁や肺静脈血流波形からの前負荷の推定も可能であるが、このような TEE による定量的評価はしばしば困難である。

TEE の挿入そのものが気管や心臓血管を圧迫し血行動態を崩す可能性があるため観血的動脈圧や気道内圧、カプノグラムに注意しながらプローブを挿入することが重要である。複雑な心臓を評価するためにはマルチプレーンプローブの方が描出能力が高い。しかしプローブの挿入に伴う合併症からすると小児用プローブのサイズは細いほうがよい。我々が主に使用したプローブは、5kg 以上あれば Aloka 社のバイプレーン(5MHz、探触子 9mm、挿入径 6.8mm)で、体重が 20kg 以上の児には出来る限り成人用マルチプレーンプローブを使用している。Omni-plane と bi-plane および CW 探触子の使用の有無が、現在の成人用と小児用プローブの大きな相違点であり、術式と危険性を判断してプローブの選択をする。僧帽弁位は比較的小児用でも問題ないが、大動脈弁周囲の手術(Ross 手術、大動脈弁狭窄など)では、可能であれば Omni-plane probe が望ましく、我々の施設では 15kg 以上有れば成人用をゆっくり留置して、無理なら小児用に変換している。

TEE は、術前においては弁逆流や静脈灌流異常などの再評価が可能である。また人工心肺離脱後においては、弁形成術の評価、心房、心室相互関係の把握や、姑息的手術では心室負荷やシャント血流の評価が重要である。また、新生児においては後負荷の増大に心室が耐えられないが、この心収縮力は日内変動も存在するためその評価は困難である。TEE の本来的なモニタリングの意味

は、心機能の評価よりも術式の評価であると考えられる。小児心臓手術は心機能を把握する前に、その解剖学的修復がどの程度行なわれたかを判断する必要があり、その人工心肺直後における評価は直接手術した心臓外科医でも完全に把握できない。特に、完全な修復が難しい小児心臓外科領域では TEE の必要性は高い。今回は修正大血管転位症の心房、心室の血流転換術(double switch)、Ross 手術、僧帽弁形成術、double switch、肺動脈 banding 術などの症例を提示しながら、麻酔科医の診断医としての小児 TEE モニタリングの意味を考えていきたい。

人工心肺と TEE (ビデオ供覧)

人工心肺中麻酔科医は手術室にいるべきかという質問がよくされる。昔は YES であったが今はそうともいえない。実は人工心肺中に、人工心肺離脱時の心機能や予後が決まっていることがある。

左室の overdistension は決してまれではなく、特に AR のある症例では問題である。このビデオでは経食道心エコーから見た、ドパミンの作用や人工心肺中起こりうる合併症などを供覧する。はたして、あなたは人工心肺中に手術室から出られるでしょうか？

図 1. Ross 手術 症例 1

本手術は自己の肺動脈弁を肺動脈主幹部ごとくりぬき大動脈弁部に移植する。肺動脈弁は通常自己心膜で作製する。

これは mid esophageal から見た 120 度での左心系長軸像ですが、LA, LV, Ao. 術前 3 度の逆流は修復後ほとんどなくなり狭窄もありませんでした。

図 2. Ross 手術 症例 2

この症例は 4 度の逆流があったが修復後も依然として逆流は存在している。人工心肺離脱後も TEE からの情報を元に後負荷を下げるよう麻酔管理を試みましたが逆流量はあまり変化しませんでした。

図 3. Banding 後 ECD の再 banding 症例

両心室短軸像で LV, RV となっている。この症例は元々の Banding 後も肺へのフローが多くしかも右心不全症状が出現していた。最初の圧測定では等圧でしたがそれでも心室中隔のシフトが強く、banding が強すぎると判断し(1 回目)、re-Banding しました(2 回目)。このように圧だけで

はなく心室容積測定も併用したほうが、より正確な PA banding が可能となる。

図 4. 修正大血管転位の 1 例

左室と右室の関係が逆であり、カテコラミン反応性も異なる。(ビデオ供覧)

このように、左右両心室の動きに解離が生じ圧測定だけでは適切な容量負荷が判断しにくい症例になどでは特に TEE は有用である。

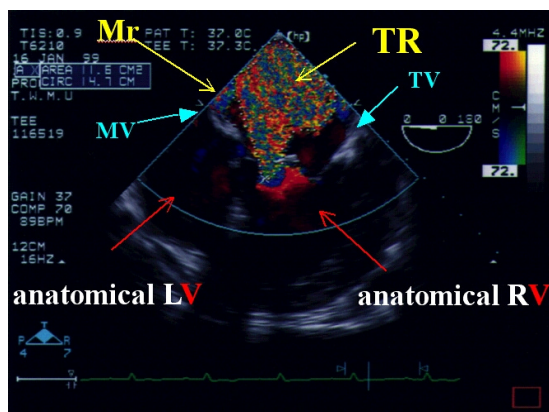


図 4. 修正大血管転位.

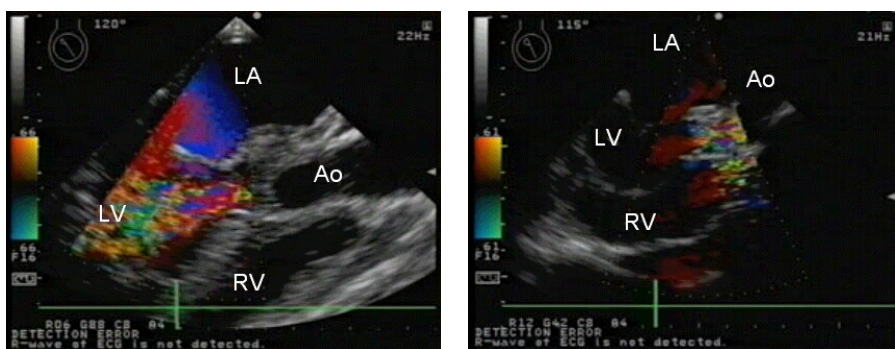


図 1. Ross 手術 症例 1. 左: 術前, 右: 術後.

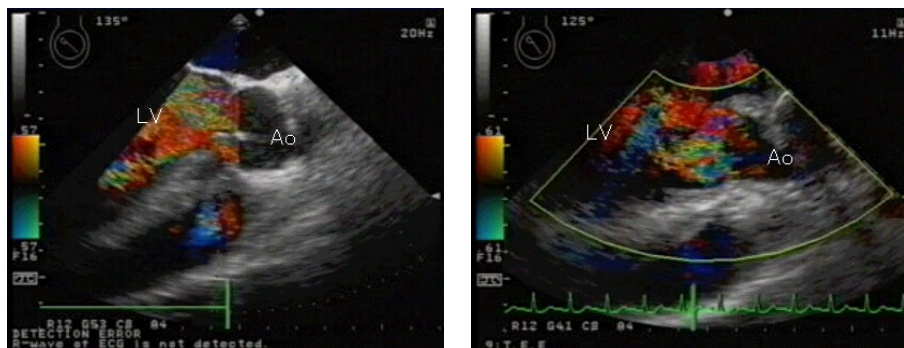


図 2. Ross 手術 症例 2. 左: 術前, 右: 術後.



図 3. PA banding. 左: 術前, 中: 1 回目, 右: 2 回目.

上記の2つのタイプとは別に特定のジャンルのサーチエンジンもある。

例えば、書籍専門の「Books.or.jp」

<http://www.books.or.jp>

昔インターネットが流行り始めた頃、インターネットサーフィンという言葉がよく使用されていた。最近では、滅多に聞かない言葉になったが、インターネットサーフィンとはインターネットを波乗りのように渡り歩くことをさす。要するにホームページのリンクをクリックしながら次々と別のホームページに移動することである。インターネットの利用法として、むやみやたらにインターネットのホームページを回っても、必要な情報をうまく引き出すことはできない。ホームページのどこにどんなことが書いてあるかを調べるにはサーチエンジン*を活用する必要がある。また、その技術や知識の有無で入手できる情報の質は大きく異なってくる。そこで本セミナーではサーチエンジンの極め方を中心にインターネット検索のワザを伝授する。サーチエンジンを征するものはインターネットを征すと言っても過言ではない。

同じ単語を検索してもエンジンによって検索結果は全く異なる。まずサーチエンジンの特色を理解するために基本的な知識を身につけよう。

1. 適切な検索サイトにアクセスする

●サーチエンジンには基本的に2つのタイプがある。

「Yahoo」ディレクトリ型

目次のような構造/トップページを表示

「goo」ロボット型

索引のような構造/目的とするページを表示

ディレクトリ型はホームページの開設者が登録する必要があり、登録されたキーワードから該当ページを選び出すもの。ロボット型は検索ロボットがインターネット上のホームページを巡回して指定したキーワードを掲載している頁を自動的に自分のデータベースに登録するもの。

基本的にはメジャーなテーマを取り扱う場合はディレクトリ型が都合が良く、マイナーなテーマではロボット型を選択する。

*サーチエンジン(検索エンジン):インターネットには膨大な情報がある。政府の公式発表の記事から個人の趣味の情報まで様々なものが公開されている。これらの情報をうまく引き出すことができれば、最新の情報が盛り込まれた巨大な百科事典として利用できる。その情報を発見するための案内役となるのがサーチエンジンである。

●代表的なサーチエンジン(一般) → 表 1

●メタ検索

キーワードを一回入れたら全部のサーチエンジンで検索できる

検索デスク <http://www.searchdesk.com/>

WAKANO <http://www.wakano.co.jp/>

●医学分野

Medical World Search (ロボット型)

<http://www.mwsearch.com>

Medexplorer (ロボット型)

<http://www.medexplorer.com/medexplr.htm>

Health Science Library System, University of Pittsburgh (ディレクトリ型)

<http://www.hsls.pitt.edu/intres/index.html>

●医学文献検索(データベース)

PubMed MEDLINE の無料検索サイト

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>

医学中央雑誌 パーソナル WEB 医学中央雑誌の検索サイト(有料)

<http://www.so-net.ne.jp/medipro/jamas/>

●検索エンジンで特定分野の検索エンジンやリンク集を見つけて「お気に入り」に登録しておく

さぬちちゃんのおすすめホームページ

<http://msanuki.com>

M.Sanukiのホームページ

2001年2月21日 更新

あなたに 034887 人目の訪問者です。(97/8/17以降)

■麻酔科医の麻酔科医による麻酔科医のためのホームページ■

さぬちちゃんのおすすめホームページ

2001.2.21 現在

51545

HOME

麻酔・蘇生学 [online 4.0.3](#)

● ANESTHESIA AND CRITICAL CARE RESOURCES

ANESTHESIA AND CRITICAL CAREのリソース検索窓

● GasNet

Yale大学のJ.J. Rankin MDによる世界的に有名な麻酔学ホームページ

● 札幌医科大学麻酔学教室

● 中国医大 麻酔 2000.7.21 896 C の巻 2 つ sugi!!!

● 筑波医科大学麻酔科

● DuNet

● 慶応大学医学部麻酔学教室

● さぬちちゃんをさがすホームページ

● 岡山大学医学部 蘇生学教室

● 麻酔科医 (renewal)

● 山口大学医学部 蘇生学教室

● OPEX 麻酔がよい NEW 2000.8.21 さぬちちゃん!

● 広島大学医学部麻酔・蘇生学教室

● 急性期病院の日本での麻酔科 解説

● 秋田県立総合医療センター WWW サービス

● 麻酔科医 (renewal)

● 東北大学医学部麻酔学教室

● 麻酔科医 (renewal) 2000.04

● 東北大学医学部麻酔科学第一講座

● 麻酔科 (ペインクリニック) 解説

● 札幌医科大学麻酔科学第一講座 (悪性高熱症ホームページ)

● 麻酔科 (renewal)

● 神戸大学医学部麻酔学教室

● 麻酔科でマニュアルを読んでいます

● 大阪大学医学部麻酔学教室

● 麻酔でニュースなど

表 1. 代表的なサーチエンジン(一般)

[国内]

Yahoo! Japan (ディレクトリ型) 人気 NO1
 Goo (ロボット型) 国内最大級のロボット型サーチエンジン
 Lycos Japan / Lycos 50 (ロボット型) 流行に敏感な構成
 Infoseek Japan (ロボット型) 自然言語認識機能もある
 Excite Japan (ロボット型) 絞り込み検索が充実
 Google (ロボット型) 新規参入だが精度が高く検索が速い
 フレッシュアイ (ロボット型) 1ヶ月以内に登録, 更新された情報のみを集めた

http://www.yahoo.co.jp/
 http://www.goo.ne.jp/
 http://www.lycos.co.jp
 http://www.infoseek.co.jp
 http://www.excite.co.jp
 http://www.google.co.jp
 http://www.fresheye.com
 http://altavista.dec-j.co.jp
 http://search.biglobe.ne.jp/index-p.html

AltaVista (ロボット型) 世界最大規模のサーチエンジン
 BIGLOBE (ロボット型) サーチエンジンに Google 採用

[海外]

Yahoo! (ディレクトリ型) 最近 Google を採用した
 AltaVista (ロボット型) 世界最大規模のサーチエンジン
 Go (ロボット型)
 Lycos (ロボット型)
 Excite (ロボット型)
 Hotbot (ロボット型)

http://www.yahoo.com
 http://www.altavista.com
 http://www.go.com
 http://www.lycos.com
 http://www.excite.com
 http://www.hotbot.com

●ポータルサイトとは

ポータルとは, 入り口, 玄関という意味で, ユーザーがインターネットに接続して最初に表示するサイトのことをポータルサイトと呼ぶ. サーチエンジンも多くの支持者を集めようと様々なサービスを提供することにより単なる検索だけのサイトからポータルサイトへの移行をはかっている. ニュースや天気予報, 掲示板サービス, 無料メールアカウントなどのサービスが付加されている.

goo はポータルサイトとしての性格も合わせ持ち, Google はサーチエンジンとしての要素しか持っていない.

2. 入力キーワードに注意

- 適切な言葉をいれる一ここが運命の分かれ道
- キーワード入力の基礎

- (1) フレーズを入力したのち, 単語ごとに半角スペースで区切る
- (2) 単語の言い回しを変える(これがコツ)
 同じ意味の言葉でも検索結果は異なる
 [例] Windows2000, ウィンドウズ 2000, Win2000
- (3) 単語1つだけでなく, 2つ以上の単語を並べる
- (4) キーワードは全角・半角をそろえる
- (5) 単語を2つ以上入れた場合の検索結果は AND か OR か? ()
- (6) 検索結果に「Not Found」が出てしまったら?



[ディレクトリ](#)[ツール](#)[チャンネル](#)**goo**[コミュニティ](#)[ショッピング](#)[ビジネス](#)[New! 晴のマイライン徹底ガイド!
出かける前に花粉情報!](#)**gOOM-Stage特集**[企画協力
NTTドコモ](#)[gooショッピングのホワイトデー
新世紀モバイル! New](#)[Click here!](#)[メールでゲット、サーチ情報!](#)**■ サーチ**

検索 [さらに詳しく→](#)

検索条件 **日本語のページ** **すべての語を含む** 結果表示 **100語程度** **10件** 条件を **保存**

検索対象 WEBサーチ ディレクトリサーチ ニュースサーチ 企業情報サーチ

基本はこの欄に複数のキーワードを半角スペースで区切って入れる (AND 検索)

詳細 サーチ

検索 [使い方](#)

検索条件 **日本語のページ** **すべての語を含む** 結果表示 **100語程度** **10件**

情報提供: NTT 東日本

※リンク先URL、人名の機能はWEBサーチのみになります。

追加キーワード: さらに語句を追加して、絞り込み検索ができます。

キーワードを **必ず含む**

キーワードを **必ず含む**

キーワードを **必ず含む** **▼さらに追加**

日付指定: ページが制作、更新された日付を指定し検索ができます。 <日付入力は半角数字>

- 現在から **1日 (フレッシュサーチ)** 以内で検索
- 1999 年 1 月 1 日 **以後で検索** ※「以後で検索」機能はWEBサーチのみになります。
- 設定なし

検索範囲の選択: 指定したドメイン/ディレクトリのみを対象に検索することができます。

- ニュース **すべて** ※この機能はフレッシュサーチのみになります。
- 個別ドメイン/ディレクトリを指定 **指定したものを含む** ※「指定したものを除く」機能はWEBサーチのみになります。

ドメイン名 ディレクトリ名

http:// /

例) goo.ne.jp.com.ao.jpなど 例) help.productsなど

- 地域指定 **北アメリカ** ※この機能はWEBサーチのみになります。
- 設定なし

データタイプの指定: データタイプを選択することで、その拡張子を含むページを検索します。

画像関連: Image 一般 gif jpeg

音声関連: MP 3 Audio 一般

動画関連: Shockwave Video VRML

Java関連: JavaScript Java

その他: VBScript ActiveX txt PDF

タイプ指定: 例) .gif, .swf

検索条件を **保存** **呼び出し** **リセット**

詳細サーチでは日付指定や検索範囲の指定データタイプの指定までできる

3. 検索式をマスターする

Boolean(検索式)は四則演算のようなもの

- (1) すべて含む AND
- (2) いずれかを含む OR
- (3) キーワードを含まない NOT
- (4) 条件をまとめる ()

4. goo(図左)と Google(図右)をマスターする

5. 検索の鉄人に出された問題

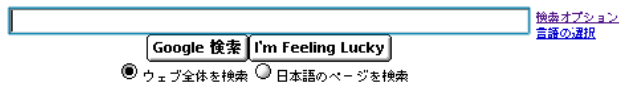
- (1) goo で検索した結果, その検索結果がもっとも多い果物の名前をカタカナで答えなさい(制限時間 1 分).
- (2) 映画「爆笑! 吉本マイクロ大作戦」を監督した人物が, かつて名誉顧問に就任したこともある水族館の名前は?
- (3) 19 世紀末, 日本人で初めて「飛行機」を飛ばすことに成功した人物がいた. その飛行機の動力は何だった?
- (4) 暦の問題. 明治時代初期まで使われていた, 日本での旧暦最後の日は, 西暦何年の何月何日だった?

6. 検索の鉄人の条件

- (1) スピード: 時代の変化に適応し, 目的の情報にすばやく到達できる検索スピードの持ち主であること.
- (2) インテリクチュアル: 新しい知識や情報を自分流にアレンジできること.
- (3) スマート: インターネットを使いこなし, Web の世界を楽しんでいること.
- (4) インテリジェンス・バランス: バランス感覚豊かな, 幅広い知識を備えていること.
- (5) ユニーク&フレキシブル: あらゆる角度からアプローチできる, ユニークで柔軟な発想の持ち主であること.

7. どのページを信用したらよいか

基本的には公的な機関や企業の出しているページとその道の著名人のページは一応信頼して良いと思います. また, どの誰かわからないものやジオシティーなどのフリーのホームページの情報は参考にしない(私の方針).



Google 検索は一般の検索, I'm Feeling Lucky は検索結果で最上位にあるサイトに直接ジャンプする.



craniotomy OPEN MRI

現在、脳神経外科手術において、運動野、言語野などの重要な機能領域にある病変に対し、**awakecraniotomy** が行われるようになってきた。さらに、当病院では術中 MRI を撮影することにより、摘出腫瘍の範囲の同定、出血の有無などを確認しながら手術を進めている。今回、言語野にある脳腫瘍に対する **awakecraniotomy**, **OPEN MRI** の麻酔を経験したので報告する。

症例: 症例は 38 歳男性。MRI 上, **lt. temporal glioma** と診断され、同年当院にて腫瘍摘出術を施行した。手術後も **speech arrest** の発作は **2,3回/week**。1999 年 follow up MRI にて残存腫瘍の増大が認められ、手術目的にて入院となった。今回、腫瘍摘出にあたり、腫瘍病変が言語野に近いため、言語機能の損失を避ける目的にて、**awake craniotomy** を施行することになった。

患者入室後より鼻カヌラにて酸素投与を開始し、プロポフォル 5mg/kg/min より持続投与を開始した。患者の状態を観察しながらプロポフォル 10mg/kg/min まで投与量を上げ、同時に術野より皮切部位に 1%リドカイン、0.5%ブピバカインにて局所麻酔を行った。開頭後、MRI 用マーカーを設置し、MRI を撮影した後、刺激電極を設置し、患者を覚醒させ、発声させて言語機能をみながら **mapping** を行った。患者は 3 カ国語を話すため、3 種類の言語で **mapping** を試行したが、言語野に大きな差異はなかった。

手術中の循環動態は安定していたが、舌根沈下により酸素飽和度の低下などがみられた。手術時間は 10 時間 30 分、麻酔時間は 12 時間 15 分と長時間に及ぶ手術であった。覚醒時間は 4 時間 10 分であった。術後、全身状態も安定し、発語にも問題なく帰室となった。

考察: 今回は、手術が長時間に及び、患者の覚醒時間が長くなり、患者が同一姿勢を保持するのが苦痛となったこと、手術終了間際に不穏になり、プロポフォルをボーラス投与しても鎮静できなくなってしまったこと、舌根沈下、呼吸抑制作用により気道確保、呼吸管理が困難になってしまったことが主な問題であった。今回のように言語機能をみながら行う手術では特に発声の可能な気道確保の方法は大きな課題である。

麻酔科における経食道心エコー(TEE)は、主に心臓手術において使用されている。当院では、心臓麻酔のみならず、心疾患患者の非心臓手術における麻酔管理においても使用しており、合併する心疾患の評価、循環血液量や心機能のモニター、術中の循環動態の急変における原因検索などに活用している。今回われわれは、麻酔導入後の TEE で **Ebstein** 奇形を発見し、手術中に肺塞栓症をきたしたが、TEE によって迅速に診断・治療した症例を経験した。

【症例】69 歳女性、身長 137cm、体重 60kg。診断: 大腸悪性腫瘍、予定術式: 右半結腸切除。既往歴: 前医にて CT 上多発脳梗塞を指摘されていた。

【麻酔前評価】両下肢不全麻痺および軽度の痴呆をみとめた。聴診上、心収縮期雑音を認めた。術前 ECG: V1-4 誘導の ST-T 下降, CRBBB を認めた。経胸壁心エコー: 駆出率 78%, 壁運動や弁逆流などの異常は認めなかった。

【麻酔経過】チオペンタール 300mg/ベクロニウム 8mg/フェンタニル 0.1mg で導入し、気管内挿管し、A/CVP ラインを確保した。陳旧性心筋梗塞を疑い、TEE を挿入した。三尖弁が僧帽弁より低位に付着しており(**Ebstein** 奇形)、左心室の僧帽弁直下より三尖弁直上の右房化右室の部分に 3mm の VSD (LV-RA シヤント)を認めた。軽度の MR 以外の弁逆流は認めなかった。手術開始 20 分後に突然、BP: 110/60→64/34, SpO₂: 100→92, EtCO₂: 35→13 と低下し、手術を中断した。TEE では TR IV° および肺動脈内異物を認めた。CVP よりヘパリン 5000 単位を投与し、DOB 10μg/kg/h を開始した。血行動態の改善にともない、DOB を 2μg/kg/h まで減量し、TEE では TR I° に軽減し、肺動脈内異物の縮小を認めた。手術は人工肛門増設術に縮小し、ICU に入室した。ACT: 150~200 となるようヘパリンを持続投与した。2 日後に抜管し、7 日後に ICU を退室した。

【考察】術中の BP/SpO₂/EtCO₂ 低下の原因として、肺血栓塞栓症が考えられた。血栓の成因としては、(1)肥満と ADL 低下による骨盤内静脈血栓、(2)**Ebstein** 奇形の拡大した右心房内の血栓、が考えられた。

末期心不全患者の心臓移植までのブリッジとして用いられる左心補助人工心臓(Novacor)埋め込み術の麻酔を経験したので報告する

【症例 1】55歳男性 1990年 DCMと診断された。1999年には NYHA III 度となり、同年 10月 Batista 手術、僧帽弁置換術、三尖弁形成術を施行された。同年 10月より心不全の増悪、不整脈も頻回に出現し、手術適応となった。IABP 挿入、カテコールアミン使用にて LVDd 74mm, LVDs 70mm, FS 0.05, Ar(-), Mr(-), TR moderate, PAP 56/26mmHg, PCWP 22 mmHg, 心係数(以下 CI) 2.3 L/min/m²であった。麻酔導入は、ドパミン 8μg/kg/min(γ), ドブタミン 8 γ, ノルアドレナリン 0.08 γ投与, IABP 挿入下にてケタミン, フェンタニール, ミダゾラムにて導入, プロポフォール, フェンタニールにて維持した。体外循環よりの離脱は TEE による de-airing を行った後, 右室駆出率を測定しドパミン, アドレナリン, ドブタミン, ミルリノン, プロスタグランディン E1 投与を行いながら, 前負荷をかけ左心補助人工心臓の流量を維持した。人工心肺時間は 2 時間 45 分, 麻酔時間は 10 時間 30 分であった。

【症例 2】33 歳, 男性, 拡張型心筋症。1998 年 DCM と診断され, 2000 年 9 月突然の意識消失発作にて, 心臓マッサージ下に搬送されたが心不全は改善せず手術となった。カテコールアミン使用下にて LVDd 73mm, LVDs 63mm, FS 0.13, Ar(-), Mr mild, TR moderate, PAP 56/31mmHg, PCWP 31 mmHg, CI 1.6l/min/m²であった。入室前に IABP を挿入し, ドパミン 7 γ, ドブタミン 7 γ, ノルアドレナリン 0.08 γ投与下に, ケタミン, フェンタニール, ミダゾラムにて導入, プロポフォール, フェンタニールにて維持した。人工心肺離脱時はドパミン 10 γ, ドブタミン 10 γ, アドレナリン 0.2 γ, ミルリノン 0.375 γ, プロスタグランディン E1 0.04 γにて行った。人工心肺時間は 2 時間 45 分, 麻酔時間は 7 時間 45 分であった。

< 考察 > 今回麻酔導入に予想された血圧低下に対し, ケタミンを使用し血行動態の変化を最小限に押さえることができた。また, LVAD 装着後は, 肺血管抵抗を下げ, 十分な前負荷に耐えうる右室機能を維持する事が重要であり TEE による右室機能の観察が必須であると思われた。

患者は 13 歳時に肥大型心筋症の診断を受け, 妊娠 7 週 6 日切迫流産にて入院となった。入院時の心エコー図検査では左室拡張末期径 56mm, 左室収縮末期径 47mm, 左室内径短縮率 16%と左室収縮能の低下を認めた。左室流出路狭窄病変や僧帽弁収縮期前方運動は認めず, 拡張相肥大型心筋症パターンを示した。本人の妊娠継続の希望が強いため, 帝王切開術による娩出が予定された。入院後, 妊娠週数が進むにつれて頻脈, 不整脈の自覚の回数が増えていったが, 身体活動はよく保たれており, NYHA 心機能分類 1~2 度にとどまった。

麻酔経過 左側臥位で硬膜外カテーテルを L2/3 より挿入し, 持続心拍出量測定装置 (PICO) のため局所麻酔下で左大腿動脈へカテーテルを挿入した。麻酔は硬膜外麻酔を中心とし, 適宜フェンタニール, ドロペリドールを静脈内投与した。娩出 15 分後位から徐々に血圧, 脈拍, 心係数, 中心静脈圧, 酸素飽和度の低下を認めはじめ, 収縮期動脈圧 100mmHg, 心係数 2.0 l/min/m²とさらに低下したため, ドパミン 3.6μg/kg/min を開始した。このころより患者が咳をするようになり, 酸素 5L/分マスク投与下で酸素飽和度は 93-96%と不良で, 聴診上湿性ラ音を認めた。麻酔は無事終了したが, ICU 入室後の胸部 X 線写真では, 心胸郭比 57.6%, 肺門部血管陰影の増強および葉間線を認めたが, 胸水は認めなかった。

考察 PICO はキャリブレーションとして冷水を中心静脈ラインより注入し, 大腿動脈に留置された熱希釈測定用動脈カテーテルにて容量解析熱希釈曲線を記録する。容量解析熱希釈法による心拍出量, 心機能インデックス, 拡張終末期総容積, 胸腔内血液量, 血管外肺水分量の推定値を求めることができる。キャリブレーションの際に約 30-40ml の冷水の負荷を必要とするため, 本症例のように容量負荷を慎重に行わなくてはならない症例では問題となる。また, PICO では大動脈内の圧上昇速度を測定することで, 左室収縮力を左室収縮力インデックスとして評価し, 脈波解析法による心拍出量とともに連続測定し, 本症例ではこれらの結果から術中カテコラミンを開始する時期と用量を決定することができた。

まとめ 連続心拍出量測定装置 Pico による血行動態のモニターは, 低侵襲性と心拍出量がリアルタイムにモニタリングできる点が利点であった。しかし, 前負荷の指標はリアルタイムには測定できず, そのつど容量負荷をかけなくてはならない点が煩雑であり, 中心静脈圧などが必要と思われた。

症例:6歳男児, 19.5kg, 112.6 cm. 生直後よりチアノーゼでDORV, PA, PDAと診断された. 生後28日で, rt-modified BT shuntを施行, 1歳で右室流出路拡大術が行われた. 6歳時AMLのprolapseによるMRが進行したため手術適応となった. 術前のカテーテルの結果としては, RV 36mmHg, RVEDP 10 mmHg, PA 34/4(18) mmHg, LVEDP 10mmHg, Aao 75/50(62), LVEDV 207% of Normal, LVEF 66%, RVEDV 161% of Normal, RVEF 53%でMRはIV度であった. 術前の胸壁エコーでは, 僧帽弁は逸脱しLVIDd: 4.2cm, LVIDs: 2.3cm, FS: 0.45, LVPWTd: 6.3mm, AoRT: 1.9cm, MV diameter: 26mm, TV diameter 27mm, PR: mild, MR: moderate, Normal LV wall motionであった.

麻酔は, ドルミカム, フェンタニール導入とし, 酸素, セボフルラン, フェンタニール麻酔維持を行った. 手術は, 僧帽弁形成術とVSD閉鎖術が行われた. 術前の経食道心エコー所見(TEE)では逆流が後壁まで達し, 左房の中心に向かうcentral jetが見られ, severeなMRが認められた. また, 右室流出路拡大による左室への圧排像も見られた. 人工心肺後のTEEでは, MRの改善が見られたが, mild MRは残存した. また, 右室圧低下により, 左心系への圧排は消失していた. 術中経過は特に問題なく, 麻酔時間は390分, 人工心肺時間115分で手術を終了して翌朝抜管し, 手術20日後に退院した. 退院時の心エコーの結果としては, LVIDd 3.4cm LVIDs 2.4cm LVFS 0.29, MVd 24.5, TVd 20.8, AR trivial, MR mildであった.

小児のMRの評価は, 左房, 左室だけではなく, 右心系, 左室流入路及び心室中隔との位置関係などを考慮する必要があり, 血行動態と術式の十分な理解がその解釈に必要である. 特に, MRはECDなどにも合併しやすく, 中隔パッチによる弁輪への影響なども十分に考慮して逆流の診断を行うことが重要である.

症例;3歳男児. 出生直後より, 心雑音を指摘され, 心エコーにて, VSD(I), 心房中隔欠損症, PH, PLSVC, の診断にてVSD patch closure, ASD direct closure, PDA ligationを施行された. その後, 左室流出路狭窄の進行が認められ, 左室流出路狭窄解除目的に当院循環器小児科に入院となった. 既往歴として気管支喘息様気管支炎があった. 胸部X線, 心胸郭比56% 肺血管陰影の増強がみられた. 心電図では, 洞調律, 左軸偏位が認められた. 術前心エコーでは, TR trivial, AR trivial, PLSVC, LV concentric hypertrophyがあった. 心臓カテーテルでは, PA 30/8 mmHg, PCWP 10 mmHg, LV 140/10 mmHg, Ao 80/50 mmHg, LVEDV 128%, LVEF 66%, RVEDV 170%, RVEF 50%で, 左室-大動脈圧較差は60mmHg, PA index 230であった.

麻酔経過は, ミタゾラム 4mg, ベクロニウム 3mgにて気管内挿管し, ミタゾラム, フェンタニール(50µg/kg), ベクロニウムにて麻酔維持を行った. その後アロカ社製小児用プローブ(biplane)を留置した. 麻酔導入後の経食道心エコー所見では, 長軸像において左室流出路から大動脈弁にかけて乱流がみられ, また上大静脈から冠静脈洞への灌流(PLSVC)がみられたが, 左室収縮は良好であった. 手術は, 左室流出路狭窄解除とVSD再閉鎖術が施行された. 人工心肺後のTEE所見では, 左室流出路狭窄はほぼ解消され乱流が消失していた. 左室機能, 右室機能も問題なく, 人工心肺を離脱した.

本例では小児であるため, biplane probeを留置して, 左室流出路狭窄の評価を行ったが, 角度の問題やCWが測定できないため圧較差の推定が難しいなど制約が存在する. しかし, 術中より左室流出路の形態を把握し, 弁狭窄や逆流またVSD patchとの位置関係なども把握できるため, 手術修復の成否を判定することは可能であった. また, 人工心肺後のカテコラミンなどの選択にも有用であった.

小児心臓手術では完全な修復は難しく, 残存病変の診断やそれに対する薬剤投与などのdecision makingに経食道心エコーは有用であった.

MEMO